

А. М. Парнюк

МЕРЕЖІ ПЕТРІ, ЯК ЗАСІБ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ МОВИ АДА

У даній роботі розглядається моделювання специфічних алгоритмічних конструкцій мови Ада реалізованих в термінах мереж Петрі, а також їх використання з метою автоматизованої верифікації паралельного програмного забезпечення.

Ключові слова: верифікація, мережі Петрі, моделі паралельних алгоритмів.

1. Вступ

Активний розвиток багатопроцесорних і багатоядерних обчислювальних систем, вимагає створення відповідних засобів тестування та верифікації паралельних програм, розроблених для них. Для цього необхідно використовувати математично точні методи для перевірки коректності роботи програм, такі як дедуктивний аналіз, імітаційне моделювання, тестування та перевірка на моделі. Останній метод, що використовує техніку модельного підходу Model Checking, є найбільш ефективним. Його основна ідея — специфікації описуються формулами темпоральної логіки, а програма, що перевіряється, представляється у вигляді деякої моделі, яка побудована з використанням графоаналітичних засобів моделювання. Його перевага — можливість автоматичної перевірки.

2. Постановка проблеми

Основною проблемою в застосуванні цього методу є побудова абстрактної моделі, на якій виконується верифікація, причому вона повинна бути простішою, ніж система, що перевіряється, оскільки по суті це абстракція, в якій повинні бути відображені найбільш суттєві характеристики системи.

В загальному вигляді вирішення сформульованої проблеми є досить складним завданням і вимагає специфічних засобів для побудови й аналізу моделей паралельних алгоритмів. Основними вимогами до подібних засобів моделювання є алгоритмічна надійність та можливість опису асинхронного виконання паралельних гілок алгоритму з однозначним математичним описом їх функціонування. Цим критеріям повністю відповідає апарат мереж Петрі (Petri Nets) розроблений на основі абстрактних кінцевих автоматів.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. Мережі Петрі застосовуються для вирі-

шення широкого кола задач пов'язаних з різними аспектами розробки програмного забезпечення. Моделювання на їх основі застосовується для аналізу та оптимізації коду програми [1–3], проектування та верифікації [3–4], розпаралелювання послідовних алгоритмів [1–2, 5], створення підсистем захисту інформації [6] та ін.

Різноманітність завдань, для моделювання яких застосовуються мережі Петрі, викликало розробку численних інтерпретацій і модифікацій даних мереж. В роботі [7] розглядається класифікація мереж Петрі та рекомендації щодо їх застосування, що є корисним при виборі апарату реалізації конкретної моделі. Більш докладно ознайомитися з найбільш поширеними класами мереж Петрі можна в роботі [1]. Там же описуються управляючі модифікації мереж Петрі (SN), які ґрунтуються на властивостях безпечної інтерпретації мереж Петрі (SPN) із застосуванням керуючих векторів для моделювання паралельних процесів з багатоваріантним вибором [8–9]. В роботі [10] досліджуються оціночні управляючі мережі Петрі, які дозволяють ефективно описувати циклічні процеси із заздалегідь визначеним числом повторень.

Створення моделі паралельної програмної системи починається з аналізу елементарних алгоритмічних конструкцій, характерних для переважної більшості мов програмування: елементів вибору, циклів і елементів виклику процедур та функцій. Ці конструкції представляються ділянками мереж Петрі, тобто формуються відповідні шаблони для їх подальшого використання при побудові моделей. Подання цих алгоритмічних конструкцій на основі безпечних і керуючих мереж Петрі розглянуто в роботах [1–3]. У роботі [2] наведено деякі розширення конструкції розгалуження: а саме каскадне розгалуження і конструкція вибору (case).

3.2. Результати досліджень. В якості досліджуваної програмної технології було обрано мову програмування Ада, що характеризується вбудованою підтримкою багатозадачності, яка забезпечується не певними розширеннями або зовнішніми бібліотеками, а застосуванням строго стандартизованих

засобів, вбудованих безпосередньо в мову. До цих засобів належать задачі (tasks), що описують послідовності дій, які здатні виконуватися одночасно, а також об'єкти захищених типів (protected types). В межах даної роботи, окрім уточнення шаблонів опису простих алгоритмічних конструкцій мови Ада [3], розглядався один з механізмів забезпечення надійного міжзадачного обміну даними й взаємної синхронізації роботи задач — механізм рандеву. Рандеву має більш високий рівень абстракції в порівнянні з класичними методами синхронізації, наприклад такими, як семафорами. Він має засоби захисного блокування й таймаутів, а також засоби для виконання вибіркової перебудови черг клієнтів і аварійного завершення.

У рамках проведеної роботи були досліджені процеси створення і завершення задач, змодельовано принцип роботи простого виклику рандеву. Крім того розроблені шаблони, що реалізують додаткові можливості механізму рандеву, а саме три види операторів відбору (select): вибіркового очікування, умовного виклику входу й таймованого виклику входу.

Для кращого розуміння роботи конкретних елементів оператору селективного очікування, що визначають умови, при яких стає можливим рандеву з задачею, що викликається, були створені моделі, що демонструють частинні випадки роботи, таких елементів як: оператор прийому (accept), оператор (else), альтернатива завершення (terminate), затримка (delay) та захисна умова (when), що розширюють можливості і правила взаємодії задач. Також описані шаблони селекції виклику рандеву: оператори умовного й таймованого викликів входу, які можна використовувати в викликаючих задачах для спроби встановлення рандеву, що може бути при деяких обставинах скасовано.

В результаті роботи був проведений аналіз функціонування розроблених шаблонів шляхом розгляду вирішення типових задач синхронізації, сформовані правила об'єднання створених шаблонів у модель та розроблено практичні рекомендації до їх застосування.

Література

- Кузьмук В. В. Модифицированные сети Петри и устройства моделирования параллельных процессов [Текст] : монография / В. В. Кузьмук, О. А. Супруненко. — К. : Маклаут, 2010. — 252 с. — ISBN 978-966-2200-07-2.
- Онищенко Б. О. Управляючі мережі Петрі, як засіб моделювання та автоматизованого аналізу алгоритмічних конструкцій [Текст] / Б. О. Онищенко, О. О. Супруненко // Вісник запорізького національного ун-ту. — 2009. — № 1. — С. 163–169.
- Супруненко О. О. Засоби автоматизованого аналізу паралельних алгоритмів на основі модифікацій мереж Петрі [Текст] / О. О. Супруненко, А. М. Парнюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 4/3(46). — С. 66–71. — ISSN 1729-3774.
- Кузьмук В. В. Модифицированные сети Петри для формирования параллельных процессов в системах управления [Текст] / В. В. Кузьмук, О. А. Супруненко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 6/8(48). — С. 50–53. — ISSN 1729-3774.
- Кузьмук В. В. Расширение функциональных возможностей алгоритмического аппарата сетей Петри при моделировании параллельных процессов [Текст] / В. В. Кузьмук, О. О. Супруненко // Электронное моделирование. — 2009. — Т. 31. — № 5. — С. 65–73. — ISSN: 0204-3572.
- Супруненко О. О. Модифікація підсистем захисту інформації на основі мереж Петрі [Текст] / О. О. Супруненко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. Тематичний вип.: Нові рішення в сучасних технологіях. — Харків : НТУ «ХПІ», 2010. — № 57. — С. 173–177.
- Кузьмук В. В. Класифікація мереж Петрі та приклади їх застосування для розв'язання прикладних задач [Текст] / В. В. Кузьмук, О. О. Супруненко, А. М. Парнюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 2/9(50). — С. 40–43. — ISSN 1729-3774.
- Кузьмук А. В. Применение управляющих сетей Петри для моделирования параллельных процессов с многовариантным выбором [Текст] / А. В. Кузьмук, В. В. Кузьмук, О. А. Супруненко // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: зб. наук. пр. — К. : Век+. — 2011. — № 54. — С. 26–30. — ISSN 0135-1729.
- Кузьмук В. В. Модифицированные сети Петри и современные методы моделирования параллельных процессов в сложных системах [Текст] / В. В. Кузьмук, А. В. Кузьмук, О. А. Супруненко, Е. А. Тараненко // Управління розвитком складних систем. — 2011. — № 5. — С. 66–72. — ISSN 2219-5300.
- Кузьмук В. В. Оценочные управляющие сети Петри [Текст] / В. В. Кузьмук, О. А. Супруненко, А. В. Кузьмук // Управління розвитком складних систем. — 2011. — № 8. — С. 25–27. — ISSN 2219-5300.

СЕТИ ПЕТРИ, КАК СРЕДСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ЯЗЫКА АДА

А. Н. Парнюк

В данной работе рассматривается моделирование специфических алгоритмических конструкций языка Ада реализованных в терминах сетей Петри, а также их использование с целью автоматизации верификации параллельного программного обеспечения.

Ключевые слова: верификация, сети Петри, модели параллельных алгоритмов.

Анна Николаевна Парнюк, аспирант отделения гибридных моделирующих и управляющих систем в энергетике Института проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова НАН Украины, тел.: (097) 359-70-18, e-mail: oxo_@mail.ru.

PETRI NETS AS A MEANS OF MODELLING PARALLEL ALGORITHMIC CONSTRUCTIONS OF ADA LANGUAGE

A. Parnyuk

This work considered the modeling of specific algorithmic constructions of Ada language based on the terms of Petri nets and also their use for the purpose of automation verification of the parallel software.

Keywords: verification, Petri nets, models of parallel algorithms.

Anna Parnyuk, graduate student of Department of Hybrid Modelling and Operating Systems in Energy, Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering National Academy of Sciences of Ukraine, tel.: (097) 359-70-18, e-mail: oxo_@mail.ru.